



**Piezoelectric ceramic for piezoelectric transformers, e.g. for inverters of LCD cold cathode tubes**

**Patent number:** DE19926482  
**Publication date:** 2000-01-05  
**Inventor:** FUJII AKIRA [JP]; KATAOKA TAKUMI [JP]; IMAMURA HIROO [JP]; YASUDA ETURO [JP]  
**Applicant:** DENSO CORP [JP]  
**Classification:**  
- **international:** C04B35/491; C04B35/495; H01L41/107; H01L41/187; H05B41/232  
- **europaean:** C04B35/491; H01L41/107  
**Application number:** DE19991026482 19990610  
**Priority number(s):** JP19980189798 19980618

**Also published as:**

 US6104128 (A1)  
 JP2000007432 (A)

**Abstract of DE19926482**

A piezoelectric ceramic comprising a specified lead zirconate-titanate composition substituted with manganese, tungsten and optionally zinc and niobium is new. A piezoelectric ceramic, for production of a piezoelectric transformer, comprises a main composition of  $\text{Pb}(\text{ZrATiB}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{C}(\text{Mn}_{1/2}\text{W}_{1/2})\text{D})\text{O}_3$  or  $\text{Pb}(\text{ZrATiB}(\text{Mn}_{1/2}\text{W}_{1/2})\text{D})\text{O}_3$ , where  $A/B = 0.92-1.13$ ,  $C \leq 0$ ,  $D = 0.02-0.08$  and  $A + B + C + D = 1$ . An independent claim is also included for a piezoelectric transformer comprising an electrical energy transmission element (1) of the above piezoelectric ceramic.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**This Page Blank (uspto)**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 26 482 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 199 26 482.1  
㉔ Anmeldetag: 10. 6. 1999  
㉕ Offenlegungstag: 5. 1. 2000

㉙ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**C 04 B 35/491**  
C 04 B 35/495  
H 01 L 41/107  
H 01 L 41/187  
// H05B 41/232

DE 199 26 482 A 1

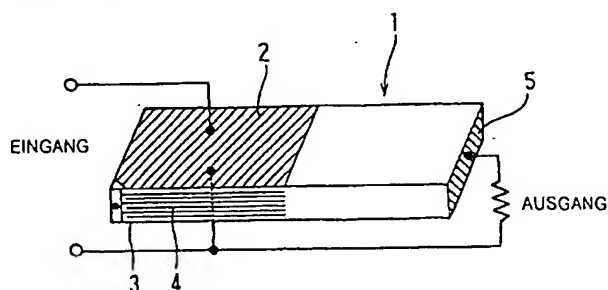
③0 Unionspriorität:  
10-189798 18. 06. 1998 JP  
⑦1 Anmelder:  
Denso Corp., Kariya, Aichi, JP  
⑦4 Vertreter:  
Zumstein & Klingseisen, 80331 München

⑦2 Erfinder:  
Fujii, Akira, Kariya, Aichi, JP; Kataoka, Takumi,  
Nishio, Aichi, JP; Imamura, Hiroo, Nishio, Aichi, JP;  
Yasuda, Eturo, Nishio, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Piezoelektrische Keramik und hieraus hergestellter piezoelektrischer Transformator

⑤7 Eine piezoelektrische PZT-Keramik zum Herstellen eines piezoelektrischen Transformators weist eine Haupt-Zusammensetzung auf, die aus  $\text{Pb} [\text{Zr}_A \text{Ti}_B (\text{Zn}_{1/3} \text{Nb}_{2/3})_C (\text{Mn}_{1/2})_D] \text{O}_3$  besteht. Wenn A/B in dem Bereich von 0,92-1,13 liegt, C größer als 0 ist, D in dem Bereich von 0,02-0,08 liegt und die Summe von A, B, C und D 1 ist, wird der piezoelektrische Transformator bei 1100°C oder niedriger gebrannt, und besitzt er einen verhältnismäßig hohes Spannungsanstiegsverhältnis und einen verhältnismäßig hohen Wirkungsgrad. Daher kann eine im Preis verhältnismäßig niedrige Ag-Pd-Elektrode mit einer Hitzebeständigkeit von etwa 1100°C als eine innere Elektrode (4) eines Transformators (1) laminierter Gattung verwendet werden. Somit sind die Herstellungskosten für den piezoelektrischen Transformator herabgesetzt, während der Transformator ein verhältnismäßig hohes Spannungsanstiegsverhältnis und einen verhältnismäßig hohen Wirkungsgrad aufweist.



DE 199 26 482 A 1

Die Erfindung betrifft allgemein eine piezoelektrische Keramik und insbesondere eine piezoelektrische Blei-Zirkonat-Titanat-Keramik (PZT-Keramik), die in geeigneter Weise für die Herstellung eines piezoelektrischen Transformator verwendet wird. Die Erfindung betrifft auch einen piezoelektrischen Transformator, der aus einer piezoelektrischen PZT-Keramik hergestellt ist.

Ein herkömmlicher piezoelektrischer Transformator, der aus einer piezoelektrischen Keramik hergestellt ist, ist nicht brennbar, ist in seiner Größe kleiner und besitzt einen höheren Wirkungsgrad im Vergleich mit einem elektromagnetischen Transformator, der von einer Spule Gebrauch macht. Daher wird gegenwärtig die Anwendung eines piezoelektrischen Transformators für zahlreiche Einrichtungen einschließlich eines Invertors zum Einschalten einer kalten Kathodenröhre in Betracht gezogen, die als Hintergrundlicht für eine Flüssigkristallanzeige verwendet wird. Eine piezoelektrische PZT-Keramik wird in großem Umfang zur Herstellung eines piezoelektrischen Transformators verwendet. Es sind verschiedene Zusammensetzungen für eine piezoelektrische PZT-Keramik vorgeschlagen worden, um ein höheres Spannungsanstiegsverhältnis und einen höheren Wirkungsgrad des piezoelektrischen Transformators zu erreichen. JP-A-8-151 264 offenbart eine solche Zusammensetzung einer piezoelektrischen PZT-Keramik.

Andererseits sind auch zahlreiche Strukturen eines piezoelektrischen Transformators vorgeschlagen worden. Es ist festgestellt worden, daß ein piezoelektrischer Transformator laminierter Gattung, der durch Laminieren mehrerer Platten aus piezoelektrischer Keramik hergestellt ist, ein verhältnismäßig hohes Spannungsanstiegsverhältnis aufweist. Jedoch besitzt ein piezoelektrischer Transformator laminierter Gattung mehrere innere Elektroden, die zwischen allen benachbarten piezoelektrischen Keramikplatten ausgebildet sind. Nachdem die inneren Elektroden ausgebildet sind, werden die piezoelektrische Keramikplatten bei 1200°C oder höher gebrannt, um den piezoelektrischen Transformator auszubilden. Daher muß die Hitzebeständigkeit der inneren Elektrode bei 1200°C oder höher liegen. Entsprechend kann eine im Preis verhältnismäßig niedrige Silber-Elektrode (Ag-Elektrode) mit einer verhältnismäßig niedrigen Hitzebeständigkeit nicht als innere Elektrode verwendet werden. Demzufolge kann es notwendig sein, eine im Preis verhältnismäßig hohe Platin-Elektrode (Pt-Elektrode) als innere Elektrode verwenden zu müssen, und sind die Herstellungskosten des piezoelektrischen Transformators erhöht.

In Hinblick auf die obenangegebenen Probleme ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine piezoelektrische PZT-Keramik zur Herstellung eines piezoelektrischen Transformators zu schaffen, der bei verhältnismäßig niedriger Temperatur gebrannt wird und ein verhältnismäßig hohes Spannungsanstiegsverhältnis und einen verhältnismäßig hohen Wirkungsgrad aufweist.

Erfindungsgemäß weist eine piezoelektrische Keramik zur Herstellung eines piezoelektrischen Transformators eine Haupt-Zusammensetzung auf, die aus  $\text{Pb}[\text{Zr}_A\text{Ti}_B(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})_C(\text{Mn}_{1/2}\text{W}_{1/2})_D]\text{O}_3$  besteht. Wenn A/B in einem Bereich von 0,92–1,13 liegt, C größer als 0 ist, D in einem Bereich von 0,02–0,08 liegt und die Summe von A, B, C und D in  $\text{Pb}[\text{Zr}_A\text{Ti}_B(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})_C(\text{Mn}_{1/2}\text{W}_{1/2})_D]\text{O}_3$  1 ist, wird der piezoelektrische Transformator bei 1100°C oder niedriger gebrannt, und besitzt dieser ein verhältnismäßig hohes Spannungsanstiegsverhältnis und einen verhältnismäßig hohen Wirkungsgrad. Daher kann eine im Preis verhältnismäßig niedrige Ag-Pb-Elektrode mit einer Hitzebeständigkeit von etwa 1100°C als innere Elektrode eines piezoelektrischen Transformators laminierter Gattung verwendet werden. Demzufolge sind die Herstellungskosten des piezoelektrischen Transformators herabgesetzt. Sogar dann, wenn C in  $\text{Pb}[\text{Zr}_A\text{Ti}_B(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})_C(\text{Mn}_{1/2}\text{W}_{1/2})_D]\text{O}_3$  gleich 0 ist, kann der Transformator noch bei 1100°C oder niedriger gebrannt werden, und besitzt er ein verhältnismäßig hohes Spannungsanstiegsverhältnis und einen verhältnismäßig hohen Wirkungsgrad.

Vorzugsweise weist die piezoelektrische Keramik Mn mit 2 Mol-% oder weniger als Neben-Zusammensetzung auf. Demzufolge sind das Spannungsanstiegsverhältnis und der Wirkungsgrad des Transformators weiter verbessert.

In bevorzugter Weise wird die piezoelektrische Keramik zu einer flachen Platte ausgebildet, und wird der Transformator durch Laminieren mehrerer der flachen Platten ausgebildet bzw. hergestellt. Danach werden eine Eingangelektrode und eine Ausgangselektroden an einer Fläche des Transformators ausgebildet. Demzufolge wird der Transformator zu verhältnismäßig geringen Herstellungskosten leicht bzw. einfach hergestellt.

Diese und weitere Aufgaben und Merkmale der Erfindung sind bei einem besseren Verständnis der bevorzugten Ausführungsform leichter bzw. einfacher ersichtlich, die unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben wird, in denen zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht mit der Darstellung eines piezoelektrischen Transformators, der aus einer piezoelektrischen Keramik hergestellt ist, gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht mit der Darstellung des piezoelektrischen Transformators gemäß der Ausführungsform und Fig. 2B eine auseinandergezogene Ansicht zu Fig. 2A;

Fig. 3 eine perspektivische Ansicht mit der Darstellung eines piezoelektrischen Transformatorelements zur Leistungsbewertung gemäß der Ausführungsform; und

Fig. 4 einen Schaltplan mit der Darstellung eines Kreises zur Leistungsbewertung des piezoelektrischen Transformatorelements gemäß der Ausführungsform.

Nachfolgend wird eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben.

Eine piezoelektrische PZT-Keramik zur Herstellung eines piezoelektrischen Transformators (nachfolgend bezeichnet als "Transformator") gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung besitzt eine Haupt-Zusammensetzung, die aus  $\text{Pb}[\text{Zr}_A\text{Ti}_B(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})_C(\text{Mn}_{1/2}\text{W}_{1/2})_D]\text{O}_3$  (nachfolgend bezeichnet als "allgemeine Formel (1)") besteht. In der allgemeinen Formel (1) liegt A/B in einem Bereich von 0,90–1,13, ist C größer als 0, liegt D in einem Bereich von 0,02–0,08, und beträgt die Summe von A, B, C und D 1. Jeder der Bestandteile A, B, C und D ist in geeigneter Weise so bestimmt, daß der piezoelektrische Transformator bei einer gewünschten Temperatur gebrannt wird und die gewünschte Leistung aufweist. A/B gibt das Verhältnis von Zirkonium (Zr) zu Titan (Ti) an und beeinflusst die Leistung des Transformators. Wenn A/B in einem Bereich von 0,92–1,13 liegt, ist sowohl das Spannungsanstiegsverhältnis als auch der Wirkungsgrad des Transformators verhältnismäßig hoch. Mangan (Mn) und Wolfram (W) setzen die Brenntemperatur des

Transformators herab. Wenn D in einem Bereich von 0,02 – zu 0,08 liegt, ist die Brenntemperatur des Transformators auf 1100°C oder weniger herabgesetzt, ohne die Leistung des Transformators zu verschlechtern. Zink (Zn) und Niobium (Nb) stabilisieren die Leistung des Transformators. Wenn jedoch C vergrößert wird, wird auch die Brenntemperatur des Transformators erhöht. Daher wird C auf größer als 0 eingestellt und in geeigneter Weise so bestimmt, daß der Transformator die gewünschte Brenntemperatur und die gewünschte Leistung aufweist. Vorzugsweise liegt C in einem Bereich von 0–0,03, so daß die Brenntemperatur des Transformators gegen einen starken Anstieg eingeschränkt ist.

Wenn C in der allgemeinen Formel (1) 0 ist, besitzt der Transformator überhaupt kein Zn und Nb. In diesem Fall besitzt der Transformator noch eine ausreichend hohe Leistung und eine ausreichend niedrige Brenntemperatur. Eine piezoelektrische Keramik, die überhaupt kein Zn und überhaupt kein Nb enthält, ist durch  $\text{Pb}[\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x}(\text{Mn}_{1/2}\text{W}_{1/2})\text{D}]\text{O}_3$  (nachfolgend bezeichnet als "allgemeine Formel (2)") dargestellt. In der allgemeinen Formel (2) liegt A/B in einem Bereich von 0,92–1,13, liegt D in einem Bereich von 0,02–0,08, und beträgt die Summe von A, B und D 1.

Eine piezoelektrische Keramik zur Herstellung des Transformators kann Mn mit 2 Mol-% oder weniger als Neben-Zusammensetzung enthalten sein. D. h., Mn kann in der piezoelektrischen Keramik mit 2 Mol-% der piezoelektrischen Keramik enthalten sein. Wenn Mn der piezoelektrischen Keramik übermäßig zugegeben ist, ist das Spannungsanstiegsverhältnis des Transformators erhöht. Wenn jedoch die Menge des Mn in der piezoelektrischen Keramik übermäßig vergrößert ist, ist die Leistung des Transformators verschlechtert. Daher enthält die piezoelektrische Keramik vorzugsweise Mn mit 2 Mol-% oder weniger.

Fig. 1–2B zeigen einen piezoelektrischen Transformator laminierter Gattung, der aus einer piezoelektrischen Keramik gemäß der Erfindung hergestellt ist. Gemäß Darstellung in Fig. 1 besitzt der Transformator laminierter Gattung einen laminierten Körper 1, Eingangselektroden 2, 3 und eine Ausgangselektrode 5, die an einer Fläche des laminierten Körpers 1 ausgebildet bzw. hergestellt sind. Gemäß Darstellung in Fig. 2A, 2B ist der laminierte Körper 1 durch Laminieren mehrerer piezoelektrischer Transformatorelementplatten 11 (nachfolgend bezeichnet als "Elementplatten 11") hergestellt. Jede der Elementplatten 11 ist aus einer piezoelektrischen Keramik mit der obenangegebenen Zusammensetzung hergestellt und zu der Gestalt einer flachen Platte ausgebildet. In Fig. 1 sind die Eingangselektroden 2, 3 an der linken Hälfte der oberen und der unteren Fläche des laminierten Körpers 1 ausgebildet. Die Ausgangselektrode 5 ist an der rechten Seitenfläche des laminierten Körpers 1 ausgebildet. Im allgemeinen werden Silber-Elektroden (Ag-Elektroden) als Eingangselektrode 2, 3 und als Ausgangselektrode 5 verwendet.

Bei dem laminierten Körper 1 sind mehrere innere Elektroden 4 zwischen allen benachbarten Elementplatten 11 ausgebildet. Zunächst wird gemäß Darstellung in Fig. 2B entweder eine positive Elektrode oder eine negative Elektrode an der linken Hälfte jeder oberen Fläche der Plattenelemente 11 als innere Elektrode 4 ausgebildet. Als nächstes wird ein dreieckiger Bereich von jedem vorderen linken Randbereich des Plattenelementes 11, das die positive Elektrode aufweist, abgeschnitten. In gleicher Weise wird ein dreieckiger Bereich von dem hinteren linken Randbereich des Plattenelementes 11, das die negative Elektrode aufweist, abgeschnitten. Dann werden die Plattenelemente 11 laminiert, so daß das Plattenelement 11, das die positive Elektrode aufweist, und das Plattenelement 11, das die negative Elektrode aufweist, abwechselnd laminiert werden. Danach werden eine äußere positive Elektrode und eine äußere negative Elektrode an einer Fläche des hinteren, linken Randbereichs und einer Fläche des vorderen, linken Randbereichs des laminierten Körpers 1 ausgebildet. Die positive Elektrode und die negative Elektrode jeder Elementplatte 11 sind entweder mit der äußeren positiven Elektrode oder der äußeren negativen Elektrode verbunden. Bei der Ausführungsform ist die innere Elektrode 4 aus einer Silber-Palladium-Elektrode (Ag-Pd-Elektrode) hergestellt. Die Ag-Pd-Elektrode ist im Preis verhältnismäßig niedrig und besitzt eine innere Hitzebeständigkeit von etwa 1100°C.

Als nächstes wird ein Herstellungsverfahren für den oben beschriebenen Transformator laminierter Gattung beschrieben. Jedes Plattenelement 11 wird aus pulverförmigem Karbonat oder Oxid, wie beispielsweise  $\text{PbO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{WO}_3$ ,  $\text{ZnO}$  und  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ , d. h. einem Oxid eines in der piezoelektrischen Keramik zur Herstellung des Transformators enthaltenen Elements, hergestellt. Als erstes werden die Materialpulver vermischt, so daß das gemischte Pulver eine gewünschte Zusammensetzung aufweist. In dem gemischten Pulver wird ein Dispergierungsmittel, Wasser oder dergleichen zugegeben und im Wege des Naßmischens hiermit vermischt. Die Mischung wird getrocknet, kalzinert und gemahlen. Dem gemahlenden Material wird ein Bindemittel zugegeben, und es wird zu einer flachen Platte ausgebildet. Eine Ag-Pd-Paste wird an der linken Hälfte der oberen Fläche der flachen Platte aufgebracht, wodurch die innere Elektrode 4 ausgebildet wird. Auf diese Weise wird die Elementplatte 11 ausgebildet. Als nächstes werden mehrere Elementplatten 11 zur Ausbildung des laminierten Körpers 1 laminiert. Zu diesem Zeitpunkt wird eine piezoelektrische Transformator-Elementplatte 110, an der keine Ag-Pd-Paste aufgebracht ist, als obere Schicht des laminierten Körpers 1 auflaminiert. Auf diese Weise wird der laminierte Körper 1 ausgebildet. Als nächstes wird der laminierte Körper 1 gebrannt, und dann wird eine Ag-Paste auf dem laminierten Körper 1 aufgedruckt, so daß die Eingangselektrode 2, die Eingangselektrode 3 und die Ausgangselektrode 5 an der linken Hälfte der oberen Fläche, an der linken Hälfte der unteren Fläche und an der rechten Seitenfläche des laminierten Körpers 1 ausgebildet werden. Des weiteren werden die äußere positive Elektrode und die äußere negative Elektrode an dem linken, hinteren Randbereich und an dem linken, vorderen Randbereich des laminierten Körpers 1 durch dortiges Aufdrucken von Ag-Paste ausgebildet. Sowohl die äußere positive Elektrode als auch die äußere negative Elektrode werden mit den inneren Elektroden 4 verbunden. Schließlich wird der laminierte Körper 1 polarisiert. Auf diese Weise wird der Transformator laminierter Gattung hergestellt.

Wenn die Menge des Ag in der Ag-Pd-Elektrode vergrößert wird, fällt im allgemeinen der Preis der Ag-Pd-Elektrode. Wenn andererseits die Menge des Pd in der Ag-Pd-Elektrode vergrößert wird, steigt auch die Hitzebeständigkeit der Ag-Pd-Elektrode. Die Ag-Pd-Elektrode, in der Ag und Pd im Verhältnis von 7/3 vorhanden ist, besitzt eine Hitzebeständigkeit von etwa 1100°C und einen verhältnismäßig niedrigen Preis und wird in geeigneter Weise als innere Elektrode 4 verwendet. Bei der vorliegenden Ausführungsform liegt die Brenntemperatur des Transformators im allgemeinen in dem Bereich von 950–1100°C. Das heißt, die Brenntemperatur des Transformators kann entsprechend der Zusammensetzung der piezoelektrischen Keramik für die Herstellung des Transformators niedriger als 1100°C sein. Daher kann die Menge des Pd in der Ag-Pd-Elektrode in Abhängigkeit von der Brenntemperatur des Transformators weiter verringert werden, so daß die Kosten der Ag-Pd-Elektrode weiter herabgesetzt werden können.

Nachfolgend wird die Zusammensetzung der piezoelektrischen Keramik der Erfindung unter Bezugnahme auf Zusammensetzungsbeispiele 1-16 in Tabelle 1 und 2 beschrieben. In Tabelle 1 und 2 werden die Zusammensetzungsbeispiele 1-16 mit Vergleichen 1-5 verglichen. Jedes der Beispiele 1-16 der Erfindung und der Vergleiche 1-5 besitzt eine Hauptzusammensetzung, die durch die oben angegebene allgemeine Formel (1) dargestellt ist. Die Zusammensetzungen der Beispiele 1-16 sind unter der Bedingung verändert, daß A/B in dem Bereich von 0,90-1,15 liegt, D in dem Bereich von 0-0,10 liegt, und die Summe von A, B, C und D 1 ist. Ein piezoelektrisches Transformationselement 21 der Rosen-Gattung zur Leistungsbewertung (nachfolgend bezeichnet als "Transformationselement 21") ist aus jedem der Beispiele 1-16 und der Vergleiche 1-5 hergestellt. Gemäß Darstellung in Fig. 3 ist das Transformationselement 21 ein gebrannter, piezoelektrischer Keramikkörper, und mißt es 48 mm in der Länge, 7,2 mm in der Breite und 2,2 mm in der Dicke. Die Eingangselektroden 22, 23 sind an der linken Hälfte der oberen Fläche und an der linken Hälfte der unteren Fläche des Transformationselements 21 ausgebildet, und eine Ausgangselektrode 25 ist an der rechten Seitenfläche des Transformationselements 21 ausgebildet.

Als nächstes wird ein Herstellungsverfahren für das Transformationselement 21 beschrieben. Zuerst werden Materialpulver, beispielsweise PbO, TiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, MnO, WO<sub>3</sub>, ZnO<sub>2</sub>, und Nb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, so vermischt, daß das gemischte Pulver eine Zusammensetzung jedes der Beispiele 1-16 und der Vergleiche 1-5 in Tabelle 1, 2 aufweist. Das gemischte Pulver, kugelförmiges Zirkonoxid, Wasser und Dispergenzmittel werden in einen Kunststoffkopf eingegeben und darin zusammen während 24 Stunden im Wege des Naßmischens miteinander vermischt. Die Mischung wird bei 120°C getrocknet und in einem Tiegel bei 850°C während zwei Stunden kalzinieren. Das kalzinierete Pulver wird mit kugelförmigem Zirkonoxid, Wasser und Dispergenzmittel zusammengebracht und in dem Kunststoffkopf während 24 Stunden im Wege des Naßmahlens gemahlen. Das gemahlene Material wird dann mit 10%-iger wässriger Lösung von Polyvinylalkohol mit 5 Gew.-% zusammengebracht und bei 120°C zur Pelletisierung getrocknet. Das pelletisierte Material wird dann zu einer flachen Platte im Wege des Pressens bei 500 kgf/cm<sup>2</sup> mittels einer ölhdraulischen Presse gepreßt und in dem Tiegel bei einer Temperatur in dem Bereich von 900-1300°C und während 2 Stunden gebrannt. Die Brenntemperatur der flachen Platte wird so bestimmt, daß sie die Dichte eines gebrannten Körpers maximal ist.

Der gebrannte Körper wird so zugeschnitten, daß er eine Länge von 48 mm, eine Breite von 7,2 mm und eine Dicke von 2,2 mm besitzt. Des weiteren wird eine Ag-Paste an einer vorbestimmten Position des gebrannten Körpers aufgebracht und dort bei 700°C aufgedruckt. Dann wird der gebrannte Körper in ein auf 150°C erhitzte Isolierungslösung eingetaucht, und wird eine Gleichstromspannung mit 1,5 kV/mm während 30 Minuten angelegt. Danach wird der gebrannte Körper in seiner Längsrichtung und in seiner Dickenrichtung polarisiert, wie mittels der Pfeile in Fig. 3 angegeben ist. Auf diese Weise wird das Transformationselement 21 hergestellt.

Fig. 4 zeigt eine Schaltkreisstruktur eines Schaltkreises zur Leistungsbewertung des Transformationselements 21. Ein Oszillator wird mit den Eingangselektroden 22, 23 des Transformationselements 21 verbunden. Eine Spannung mit einer hohen Frequenz, beispielsweise mit 60-70 kHz, die mit der mechanischen Resonanzart (d. h. mit der  $\lambda$ -Art) des Transformationselements 21 synchronisiert ist, wird an den Eingangselektroden 22, 23 des Transformationselements 21 von dem Oszillator aus eingegeben. Die Spannung, der Strom und die Phasendifferenz zu diesem Zeitpunkt werden gemessen, und die Eingangsspannung und die eingegebene elektrische Energie des Transformationselements 21 werden geschätzt bzw. bewertet. Andererseits werden ein Lastwiderstand R1 mit 100 k $\Omega$  und ein Strom-Meßwiderstand R2 mit 100 k $\Omega$  zum Messen des durch den Lastwiderstand R1 fließenden Stroms in Reihe mit der Ausgangselektrode 25 des Transformationselements 21 verbunden. Der Strom in dem Strom-Meßwiderstand R2 wird gemessen, und die Ausgangsspannung und die ausgegebene elektrische Energie des Transformationselements 21 werden aus dem gemessenen Stromwert abgeschätzt bzw. bewertet. Des weiteren werden das Spannungsanstiegsverhältnis und der Wirkungsgrad des Transformationselements 21 abgeschätzt bzw. bewertet. Das Spannungsanstiegsverhältnis des Transformationselements 21 ist das Verhältnis zwischen der Ausgangsspannung und der Eingangsspannung. Der Wirkungsgrad des Transformationselements 21 wird abgeschätzt bzw. bewertet, indem das Verhältnis zwischen der abgegebenen elektrischen Energie und der eingegebenen elektrischen Energie mit 100 multipliziert wird. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 1 und 2 dargestellt.

Gemäß Darstellung in Tabelle 1 besitzen die Beispiele 1-6, bei denen Zr/Ti (A/B) innerhalb des Bereichs von 0,92-1,13 liegt, ein höheres Spannungsanstiegsverhältnis und einen höheren Wirkungsgrad im Vergleich mit dem Vergleichen von 1, 2, bei denen Zr/Ti außerhalb des Bereichs von 0,92-1,13 liegt. Daher besitzt, wenn A/B in dem Bereich von 0,92-1,13 liegt, das Transformationselement 21 ein verhältnismäßig hohes Spannungsanstiegsverhältnis und einen verhältnismäßig hohen Wirkungsgrad.

Bei dem Vergleich der Beispiele 7-10 mit dem Vergleichen 3, 4 zeigt sich, daß die Brenntemperatur des Transformationselements 21 auf 1100°C oder niedriger herabgesetzt werden kann, wenn D oberhalb 0,02 liegt, jedoch ist die Leistung des Transformationselements 21 herabgesetzt, wenn D oberhalb 0,08 liegt. Des weiteren wird, wenn die Brenntemperatur des Transformationselements 21 erhöht wird, die Leistung des Transformationselements 21 stark herabgesetzt. Daher wird, wenn D in dem Bereich von 0,02-0,08 liegt, die Brenntemperatur des Transformationselements 21 auf 1100°C oder niedriger herabgesetzt, und besitzt das Transformationselement 21 eine verhältnismäßig hohe Leistung.

Unter Bezugnahme auf Tabelle 2 besitzen die Beispiele 11-13, die Mn übermäßig enthalten, eine höhere Leistung als das Beispiel 8, das kein Mn enthält. Jedoch besitzt der Vergleich 5, der Mn mit drei Mol-% enthält, eine geringere Leistung als die Beispiele 11-13. Daher ist, wenn die piezoelektrische Keramik Mn mit 2 Mol-% oder weniger enthält, die Leistung des Transformationselements 21 verhältnismäßig hoch.

Die Beispiele 14-16 zeigen, daß das Transformationselement 21 eine verhältnismäßig hohe Leistung besitzt, wenn C größer als 0 ist, und daß die Brenntemperatur des Transformationselements 21 erhöht ist, wenn C vergrößert ist. Jedoch ist der Anstieg der Brenntemperatur des Transformationselements 21 verhältnismäßig klein, wenn C in dem Bereich von 0-0,03 liegt.

Gemäß der Ausführungsform der Erfindung wird eine piezoelektrische Keramik mit der oben angegebenen Zusammensetzung verwendet, um einen piezoelektrischen Transformator herzustellen. Demzufolge kann der piezoelektrische Transformator bei einer niedrigeren Temperatur in dem Bereich von 1100-950°C gebrannt werden, und besitzt er ein höheres Spannungsanstiegsverhältnis und einen höheren Wirkungsgrad im Vergleich mit einem herkömmlichen piezoelek-

# DE 199 26 482 A 1

trischen Transformator. Daher muß, wenn ein piezoelektrischer Transformator laminierter Gattung aus der piezoelektrische Keramik hergestellt wird, keine im Preis hohe Pt-Elektrode, die eine verhältnismäßig hohe Hitzebeständigkeit aufweist, als innere Elektrode verwendet werden. Demzufolge sind die Herstellungskosten für den piezoelektrischen Transformator herabgesetzt, während der Transformator ein hohes Spannungsanstiegsverhältnis und einen hohen Wirkungsgrad aufweist.

Obwohl die Erfindung vollständig in Verbindung mit ihrer bevorzugten Ausführungsform unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben worden ist, ist zu beachten, daß verschiedene Änderungen und Modifikationen für den Fachmann ersichtlich sein werden. Solche Änderungen und Modifikationen sind als unter den Umfang der Erfindung gemäß deren Definition durch die beigefügten Ansprüche fallend zu verstehen.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Tabelle 1

	Piezoelekt. Keramik-Zusammensetzung				Piezoelekt.: Transformator-		Brenn- Temperatur (°C)	
	Haupt-Zusammensetzung			Neben- Zusammensetzung (Mn) (Mol-%)	Leistung			
	Zr/Ti (A/B)	Zn <sub>1/3</sub> Nb <sub>2/3</sub> (C)	Mn <sub>1/2</sub> W <sub>1/2</sub> (D)		Spannungs- Anstiegs- Verhältnis	Wirkungs- grad		
	Vergleich 1	1,174	0,01	0,05	0	5,2	89	1.000
	Beispiel 1	1,128	0,01	0,05	0	5,6	92	1.000
	Beispiel 2	1,083	0,01	0,05	0	5,8	95	1.000
	Beispiel 3	1,041	0,01	0,05	0	6,0	95	1.000
	Beispiel 4	1,000	0,01	0,05	0	5,9	94	1.000
	Beispiel 5	0,961	0,01	0,05	0	5,6	93	1.000
	Beispiel 6	0,923	0,01	0,05	0	5,5	93	1.000
	Vergleich 2	0,868	0,01	0,05	0	5,0	88	1.000
	Vergleich 3	1,041	0,01	0	0,5	6,0	93	1.200
	Beispiel 7	1,041	0,01	0,02	0	5,6	91	1.100
	Beispiel 8	1,041	0,01	0,04	0	5,9	95	1.000
	Beispiel 9	1,041	0,01	0,06	0	6,0	94	950
	Beispiel 10	1,041	0,01	0,08	0	5,9	94	950
	Vergleich 4	1,041	0,01	0,10	0	5,6	89	900



Tabelle 2

	Piezoelekt. Keramik-Zusammensetzung				Piezoelekt. Transformator		Brenn- Temperatur (°C)
	Haupt-Zusammensetzung		Neben- Zusammensetzung		Leistung	Wirkungs- grad	
	Zr/Ti (A/B)	Zn <sub>1/3</sub> Nb <sub>2/3</sub> (C)	Mn <sub>1/2</sub> W <sub>1/2</sub> (D)	(Mn) (Mol-%)	Spannungs- Anstiegs- Verhältnis		
Beispiel 8	1,041	0,01	0,04	0	5,9	95	1.000
Beispiel 11	1,041	0,01	0,04	0,5	6,0	95	1.100
Beispiel 12	1,041	0,01	0,04	1,0	6,0	95	1.000
Beispiel 13	1,041	0,01	0,04	2,0	5,8	93	1.000
Vergleich 5	1,041	0,01	0,04	3,0	5,2	88	1.000
Beispiel 8	1,041	0,01	0,04	0	6,0	95	1.000
Beispiel 14	1,041	0	0,04	0	5,8	95	1.000
Beispiel 15	1,041	0,02	0,04	0	5,9	94	1.050
Beispiel 16	1,041	0,03	0,04	0	5,9	93	1.100

1. Piezoelektrische Keramik zum Herstellen eines piezoelektrischen Transformators, wobei die piezoelektrische Keramik umfaßt:  
 5 eine Haupt-Zusammensetzung, die aus  $\text{Pb}[\text{Zr}_A\text{Ti}_B(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})_C(\text{Mn}_{1/2}\text{W}_{1/2})_D]\text{O}_3$  besteht, wobei:  
 $A/B$  in dem Bereich von 0,92–1,13 liegt;  
 $C$  größer als 0 ist;  
 $D$  in dem Bereich von 0,02–0,08 liegt; und  
 die Summe von  $A$ ,  $B$ ,  $C$  und  $D$  1 ist.
- 10 2. Piezoelektrische Keramik zum Herstellen eines piezoelektrischen Transformators, wobei die piezoelektrische Keramik umfaßt:  
 eine Haupt-Zusammensetzung, die aus  $\text{Pb}[\text{Zr}_A\text{Ti}_B(\text{Mn}_{1/2}\text{W}_{1/2})_D]\text{O}_3$  besteht, wobei:  
 $A/B$  in dem Bereich von 0,92–1,13 liegt;  
 $D$  in dem Bereich von 0,02–0,08 liegt; und  
 15 die Summe von  $A$ ,  $B$ ,  $C$  und  $D$  1 ist.
3. Piezoelektrische Keramik nach Anspruch 1 oder 2, weiter umfassend Mangan mit 2 Mol-% und weniger.
4. Piezoelektrischer Transformator, umfassend:  
 einen Elementkörper (1, 21) zum Übertragen von elektrischer Energie, wobei dieser Elementkörper (1, 21) unter  
 Verwendung einer piezoelektrischen Keramik hergestellt ist, die im wesentlichen besteht aus  $\text{Pb}[\text{Zr}_A$   
 20  $\text{Ti}_B(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})_C(\text{Mn}_{1/2}\text{W}_{1/2})_D]\text{O}_3$ , wobei  $A/B$  in dem Bereich von 0,92–1,13 liegt,  $C$  größer als 0 ist,  $D$  in dem Bereich von 0,02–0,08 liegt und die Summe von  $A$ ,  $B$ ,  $C$  und  $D$  1 ist.
5. Piezoelektrischer Transformator nach Anspruch 4, wobei die piezoelektrische Keramik Mangan mit 2 Mol-% und weniger aufweist.
6. Piezoelektrischer Transformator, umfassend:  
 25 einen Elementkörper (1, 21) zum Übertragen von elektrischer Energie, wobei dieser Elementkörper (1, 21) unter Verwendung einer piezoelektrischen Keramik hergestellt ist, die im wesentlichen besteht aus  $\text{Pb}[\text{Zr}_A$   
 $\text{Ti}_B(\text{Mn}_{1/2}\text{W}_{1/2})_D]\text{O}_3$ , wobei  $A/B$  in dem Bereich von 0,92–1,13 liegt,  $D$  in dem Bereich von 0,02–0,08 liegt und die Summe von  $A$ ,  $B$  und  $D$  1 ist.
7. Piezoelektrischer Transformator nach Anspruch 6, wobei die piezoelektrische Keramik Mangan mit 2 Mol-% und weniger aufweist.
8. Piezoelektrischer Transformator nach irgendeinem der Ansprüche 4–7, weiter umfassend:  
 eine Eingangselektrode (22, 23), in die eine Spannung eingegeben wird; und  
 eine Ausgangselektrode (25), von der aus eine Spannung ausgegeben wird, wobei:  
 35 der Elementkörper (21) zu einer flachen Platte ausgebildet ist; und  
 die Eingangselektrode (22, 23) und die Ausgangselektrode (25) an einer Fläche des Elementkörpers (21) ausgebildet sind.
9. Piezoelektrischer Transformator nach irgendeinem der Ansprüche 4–7, weiter umfassend:  
 eine Eingangselektrode (2, 3), in die eine Spannung eingegeben wird; und  
 eine Ausgangselektrode (5), von der aus eine Spannung ausgegeben wird, wobei:  
 40 der Elementkörper (1) eine Vielzahl von Elementbereichen (11) aufweist, deren jeder zu einer flachen Platte ausgebildet ist;  
 die Vielzahl der Elementbereiche (11) zur Bildung eines laminierten Körpers (1) laminiert sind; und  
 die Eingangselektrode (2, 3) und die Ausgangselektrode (5) an einer Fläche des laminierten Körpers (1) ausgebildet sind.
- 45 10. Piezoelektrischer Transformator nach irgendeinem der Ansprüche 4–8, wobei der Elementkörper (21) 48 mm lang, 7,2 mm breit und 2,2 mm dick ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG.1

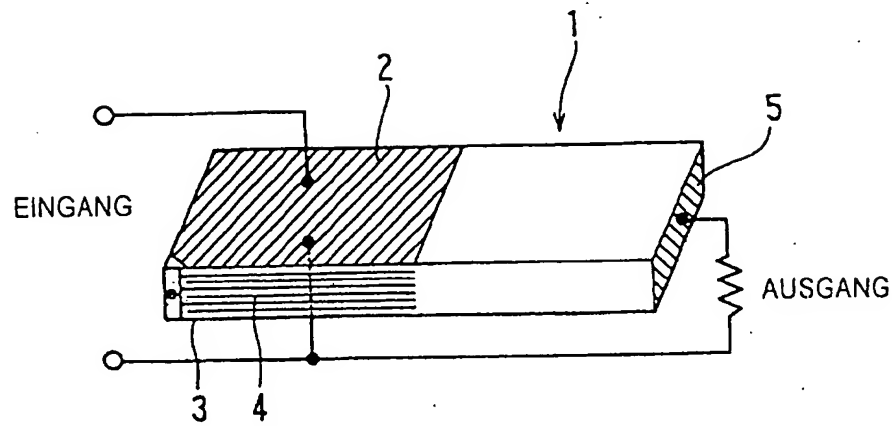


FIG.2A

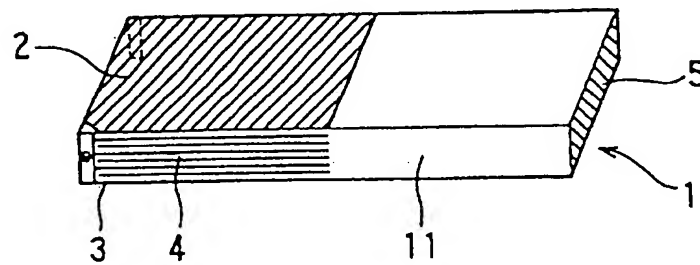


FIG.2B

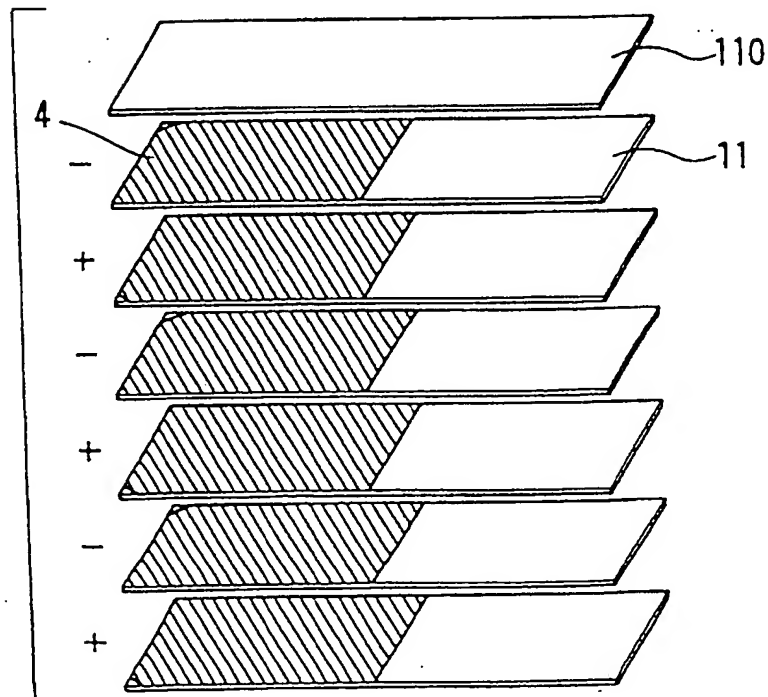


FIG. 3

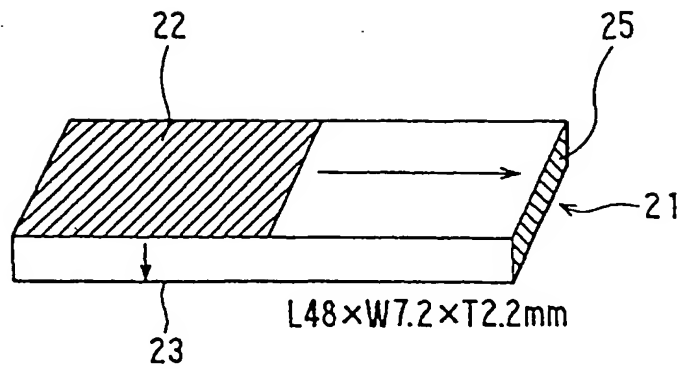


FIG. 4

